

**IMAGE PICKUP DEVICE**

Patent Number: JP10304235  
Publication date: 1998-11-13  
Inventor(s): SUZUKI AKIRA; SASAKI SABURO  
Applicant(s):: RICOH CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP10304235  
Application Number: JP19970112958 19970430  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H04N5/225 ; H04N5/14 ; H04N5/335 ; H04N9/04  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve horizontal and vertical resolution by providing a displacing means for a relative positional relation between an object image and an image pickup element into a direction oblique to the array direction of light receiving elements constituting an image pickup element, and a picture generating means for preparing the synthetic picture information of the object image based on picture information which is outputted from the image pickup element, and has a different relative positional relation.

**SOLUTION:** An image pickup element 2 is moved to an oblique direction by a displacing means 3, and picture information at an original position is outputted to a picture generating means 4 in the first field, and picture information display by the displacing means 3 is outputted to the picture generating means 4 in the second field. The picture generating means 4 prepares the synthetic picture information of an object image based on plural picture information whose plural relative positional relations are displaced (picture information before and after displacement), and interpolated information obtained by interpolating the missing portions of the picture information. Thus, the missing portions (intermittent portions) of the picture information are interpolated, and vertical and vertical sampling pitches are improved.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

TOP

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-304235

(43) 公開日 平成10年(1998)11月13日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>H 0 4 N 5/225  
5/14  
5/335  
9/04

識別記号

F I

H 0 4 N 5/225  
5/14  
5/335  
9/04Z  
Z  
P  
A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平9-112958

(22) 出願日

平成9年(1997)4月30日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 鈴木 明

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(72) 発明者 佐々木 三郎

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

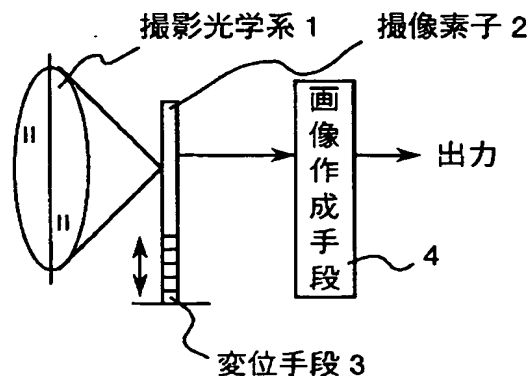
(74) 代理人 弁理士 酒井 宏明

(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【要約】

【課題】 水平及び垂直方向の解像度を向上させた撮像装置を提供すること。

【解決手段】 撮像装置は、被写体像を結像する撮影光学系1と、結像された被写体像を受光素子で空間的にサンプリングして画像情報を出力する撮像素子2と、被写体像と撮像素子2との相対的位置関係を変位させる変位手段3と、変位の前後における画像情報に基づいて、被写体像の合成画像情報を作成する画像作成手段4と、から構成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被写体像を結像する撮影光学系と、結像された前記被写体像を2次元に配列された受光素子で空間的にサンプリングして画像情報を出力する撮像素子と、前記被写体像と前記撮像素子との相対的位置関係を前記受光素子の配列方向に対して斜め方向に変位せしめる変位手段と、前記撮像素子から出力される相対的位置関係が異なる画像情報に基づいて、前記被写体像の合成画像情報を作成する画像作成手段と、を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項2】 前記画像作成手段は、前記相対的位置関係が異なる画像情報から被写体像の合成画像情報を作成するに際して、画像情報の欠落した部分を、斜め方向の画像情報により算出した補間情報で補間して、当該合成画像情報を作成することを特徴とする請求項1記載の撮像装置。

【請求項3】 前記画像作成手段は、使用者の指示に応じて、斜め補間、水平補間、及び垂直補間のいずれかを選択することで、水平方向及び垂直方向のサンプリング周期を選択することを特徴とする請求項1記載の撮像装置。

【請求項4】 前記画像作成手段は、斜め補間、水平補間、及び垂直補間のうち2つ以上の補間方式の結果により、補間方式を、斜め補間、水平補間、及び垂直補間のいずれかに決定することを特徴とする請求項1記載の撮像装置。

【請求項5】 前記撮像素子は、カラー市松配列の撮像素子であることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の撮像装置。

【請求項6】 前記撮像素子は、カラー撮像素子であり、前記変位手段は、前記カラー撮像素子を、前記被写体像に対して、水平方向に1画素、上斜め方向に半画素、及び下斜め方向に半画素それぞれ変位せしめ、前記作成手段は、前記カラー撮像素子から出力される元の位置での画像情報、水平方向に1画素変位させた画像情報、上斜め方向に半画素変位させた画像情報、及び下斜め方向に半画素変位させた画像情報のこれら4つの画像情報に基づいて、合成画像情報を作成することを特徴とする請求項1記載の撮像装置。

【請求項7】 前記変位手段は、前記撮像素子の上斜め方向と下斜め方向にそれぞれ配置された同一量変位する第1及び第2アクチュエータからなり、前記第2アクチュエータは、前記撮像素子を前記上斜め方向に変位せしめる一方、前記第1アクチュエータは、前記撮像素子を前記下斜め方向に変位せしめ、当該第1アクチュエータ及び第2アクチュエータの合成出力により前記撮像素子を水平方向に変位せしめることを特徴とする請求項6記載の撮像装置。

【請求項8】 前記撮像素子の水平方向と垂直方向との画素ピッチの比は、 $2:\sqrt{3}$ であることを特徴とする請求項1記載の撮像装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、撮像装置に関し、詳細には、デジタルスチルカメラやビデオカメラ等で使用される撮像装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、撮像装置としては、撮像管と、CCDエリアセンサ等の固体撮像素子が使用されているが、固体撮像素子は、撮像管に比して、コンパクトであり焼付に伴う残像が少ない等の利点がある。

【0003】この固体撮像素子は、撮像面を光電変換を行う受光素子にて構成しており、解像度は、この受光素子の形成密度（受光素子の配列ピッチ）により上限が決定される。具体的には、固体撮像素子では、被写体像を入力信号として受光素子のピッチで空間的にサンプリングした場合を考えると、標本化定理によりサンプリング周期の $1/2$ のナイキスト周波数までの解像度しか得られない。

【0004】解像度を高くするために受光素子を高密度化すれば良いが、高密度かには製造上の困難を伴うと共に、製造コストが高くなるという問題がある。

【0005】そこで、同じ画素数で高解像度化する方法として、画素ずらしといわれる手法が用いられている。

【0006】例えば、特開昭59-13476号公報では、光学的に結像面を受光素子に対して水平方向に、半ピッチ分だけ変位させ、変位前後の被写体像を合成して、水平方向のサンプリング周波数を2倍にして、水平解像度を2倍にする撮像機構が開示されている。

【0007】また、特開昭58-157263号公報では、信号電荷を発生する感光部と、信号電荷読取り部である垂直CCDを水平方向に交互に配列した固体撮像チップ基板を、感光部に蓄積された信号電荷を垂直CCDに移動させる期間の前後にかけて、斜め方向に入射像に対して移動させて、水平及び垂直方向の解像度を向上させた撮像装置が開示されている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開昭59-13476号公報の如き方法では、光学的に結像面を受光素子に対して水平方向に、半ピッチ分だけ変位させる構成であるため、水平方向の解像度の向上は得られるが、垂直方向の解像度を向上させることができないという問題がある。

【0009】また、特開昭58-157263号公報では、受光素子を斜め方向に変位させるとしか述べておらず、これでは、水平及び垂直方向に倍の解像度の画像を得ることができないという問題がある。

【0010】本発明は、上記課題に鑑みてなされたもの

であり、水平及び垂直方向の解像度を向上させた撮像装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の発明は、被写体像を結像する撮影光学系と、結像された前記被写体像を2次元に配列された受光素子で空間的にサンプリングして画像情報を出力する撮像素子と、前記被写体像と前記撮像素子との相対的位置関係を前記受光素子の配列方向に対して斜め方向に変位せしめる変位手段と、前記撮像素子から出力される相対的位置関係が異なる画像情報に基づいて、前記被写体像の合成画像情報を作成する画像作成手段と、を備えた構成とした。

【0012】上記構成によれば、画像作成手段は、相対的位置関係の変位した画像情報により合成画像情報を作成する構成であるので、単に変位画像を並べて表示するのに比して、原信号を標準化定理に基づいて再現しているため、忠実に原信号を再現でき、水平及び垂直方向の解像度を向上させることが可能となる。

【0013】また、この場合、請求項2記載の発明の如く、請求項1記載の発明において、前記画像作成手段は、前記相対的位置関係が異なる画像情報から被写体像の合成画像情報を作成するに際して、画像情報の欠落した部分を、斜め方向の画像情報により算出した補間情報で補間して、当該合成画像情報を作成する構成としても良い。

【0014】上記構成によれば、画像情報の欠落した部分を、斜め方向の画像情報により作成する事で、より水平及び垂直の解像度を向上させることができる。

【0015】また、この場合、請求項3記載の発明の如く、請求項1前記画像作成手段は、操作者の指示に応じて、斜め補間、水平補間、及び垂直補間のいずれかを選択することで、水平方向及び垂直方向のサンプリング周期を選択する構成としても良い。

【0016】上記構成によれば、画像作成手段は、操作者の指示に応じて、垂直補間、水平補間、斜め補間から補間方式の選択する構成であるので、水平、垂直のサンプリング周期が選択でき、被写体像撮影後、即ち、情報取得後に画像のサンプリング周期を変更できるので、使用者が画像表示を見ながらサンプリングを選択できる。

【0017】また、この場合、請求項4記載の発明の如く、請求項1記載の発明において、前記画像作成手段は、斜め補間、水平補間、及び垂直補間のうち2つ以上の補間方式の結果により、補間方式を、斜め補間、水平補間、及び垂直補間のいずれかに決定する構成としても良い。

【0018】上記構成によれば、2つ以上の補間方式を用いた補間結果により補間方式を決定する構成であるので、各補間方式でカバー出来ない領域を補い合うことで広い範囲の領域の被写体情報まで再現でき、これを画像

の該当部分に適用することで画像全体に亘って高画質画像を得ることが可能となる。

【0019】また、この場合、請求項5記載の発明の如く、請求項1～請求項4のいずれか一つに記載の発明において、前記撮像素子をカラー市松配列の撮像素子としても良い。

【0020】上記構成によれば、カラー市松配列のカラー撮像素子でG画像のかけた部分について、補間情報を作成することにより、高いサンプリング周波数のG情報が作成でき、そのために、高解像度で疑色の低減した画像を得ることができる。

【0021】また、この場合、請求項6記載の発明の如く、請求項1記載の発明において、前記撮像素子は、カラー撮像素子であり、前記変位手段は、前記カラー撮像素子を、前記被写体像に対して、水平方向に1画素、上斜め方向に半画素、及び下斜め方向に半画素それぞれ変位せしめ、前記作成手段は、前記カラー撮像素子から出力される元の位置での画像情報、水平方向に1画素変位させた画像情報、上斜め方向に半画素変位させた画像情報、及び下斜め方向に半画素変位させた画像情報のこれら4つの画像情報に基づいて、合成画像情報を作成すること構成としても良い。

【0022】上記構成によれば、カラー撮像素子を3方向に変位させ、得られる4つの画像情報に基づいて合成画像情報を作成する構成であるので、少ない画像情報で高解像度な画像を撮像可能となる。

【0023】また、この場合、請求項7記載の発明の如く、請求項6記載の発明において、前記変位手段は、前記撮像素子の上斜め方向と下斜め方向にそれぞれ配置された同一量変位する第1及び第2アクチュエータからなり、前記第2アクチュエータは、前記撮像素子を前記上斜め方向に変位せしめる一方、前記第1アクチュエータは、前記撮像素子を前記下斜め方向に変位せしめ、当該第1アクチュエータ及び第2アクチュエータの合成出力により前記撮像素子を水平方向に変位せしめる構成としても良い。

【0024】上記構成によれば、撮像素子の3方向の変位を2つのアクチュエータで変位させ、2つのアクチュエータの変位量を同一にして撮像素子を変位させる構成であるので、同じアクチュエータを使用した場合、同一の電力で良く、積層圧電素子等を使用した場合、同一の電圧を印加するだけで良い。

【0025】また、この場合、請求項8記載の発明の如く、上記請求項1記載の発明において、前記撮像素子の水平方向と垂直方向との画素ピッチの比を、 $2:\sqrt{3}$ としても良い。

【0026】上記構成によれば、撮像素子の元の画像情報と変位させた画像情報とを合成した情報が、六角配列になり、正方配列に比べてサンプリングピッチを長くできるので、より効率的にサンプリングできる。

## 【0027】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照して、本発明の好適な実施の形態を詳細に説明する。

【0028】図1は、本発明に係る撮像装置の概略構成を示す図である。図1に示す撮像装置は、被写体像を結像する撮影光学系1と、結像された被写体像を受光素子で空間的にサンプリングして画像情報を出力する撮像素子2と、被写体像と撮像素子2との相対的位置関係を変位させる変位手段3と、変位の前後における画像情報に基づいて、被写体像の合成画像情報を作成する画像作成手段4と、から構成されている。

【0029】撮影光学系1は、対物レンズ等からなり、被写体像を撮像素子2の受光面に結像する。

【0030】撮像素子2は、例えば、図2の如く構成され、2次元的に配列された受光素子21と、受光素子21で光電変換され蓄積された電荷を読み出して1列ずつ縦に水平CCD23に転送する垂直CCD22と、垂直CCD22から送られてきた1列分の信号を1走査線ごとに出力アンプ2に出力する水平CCD23と、入力される電荷を電圧に変換して画像情報として出力する出力アンプ2等により構成されている。

【0031】また、撮像素子2は、変位手段3により斜め方向に移動せしめられ、第1フィールドでは、元の位置（変位前の位置）の画像情報を、第2フィールドでは、変位手段により変位された後の画像情報を、画像作成手段4に出力する。

【0032】変位手段3は、例えば、アクチュエータからなり、第2フィールドでは、撮像素子2を斜め方向に移動せしめ、第2フィールドが終了すると再び撮像素子2を元の位置に戻す。

【0033】画像作成手段5は、複数の相対的位置関係が変位した画像情報（変位の前後における画像情報）、及び、画像情報の欠落した部分を補間した補間情報に基づいて被写体像の合成画像情報を作成する。この補間方式としては、以下に詳細に説明する斜め補間、水平補間、垂直補間等がある。

【0034】以下、上記構成の撮像装置の動作原理を説明する。

【0035】図3は、上記撮像素子1の受光素子（以下、「画素」ともいう）のみを模式的に示した図である。

【0036】図3に示すように、受光素子が水平及び垂直方向にそれぞれ画素ピッチPで正方配列されている。図4に示す撮像素子を、上記変位手段2により、図2に示す如く、斜め方向（矢印方向）に変位させる。図4においては、変位させる前の画素と、斜線で示す変位後の画素が示されている。

【0037】この場合、図5に示すように、水平方向のサンプリングピッチはPのままで、水平ラインが $1/\sqrt{2}$ Pずれたにすぎず、厳密には水平方向のサンプリングピッチ

チは $(1/\sqrt{2})P$ となっていない。即ち、元の画素と、斜めに変位させた画素とにより水平方向のサンプリングピッチを倍とすることはできない。

【0038】具体例を示すと、例えば、図6(a)の如き、ピッチP間隔で水平方向に配列し、画素と同一幅の縞模様の被写体を、図6(b)の如き配列の画素でサンプリングした場合、図6(c)の如く、水平ラインに交互に電荷が蓄積されることになり、水平の縞なのか垂直の縞なのか区別することができない。すなわち、斜めに変位した画像情報と元の画像情報とを使用しても、水平及び垂直方向とも2倍のサンプリングピッチとならない。

【0039】そこで、本発明では、画像作成手段4により、画像情報の欠落した部分（歯抜けとなる部分）を補間して、水平及び垂直方向のサンプリングピッチを向上させる。

【0040】以下、補間方式として、斜め補間、水平補間、及び垂直補間を順に説明する。

【0041】先ず、図7～図10に基づいて、斜め補間を説明する。

【0042】図7に示すように、上記図3の画素配列を斜め方向に着目した場合、図8のようにピッチ間隔 $(1/\sqrt{2})P$ で配列した撮像素子となる（ただし、受光素子形は、通常と異なり変る）。

【0043】すなわち、図4に示したように、斜め方向に変位した画像情報と元の画像情報との合成は、水平・垂直方向のサンプリングピッチは $(1/\sqrt{2})P$ ではなく、 $(1/\sqrt{2})P$ を回転させたものとなる。従って、水平及び垂直方向のサンプリング周波数は $\sqrt{2}$ 倍となる。

【0044】しかしながら、図3のような画像情報を並べただけではサンプリング周波数は、 $\sqrt{2}$ 倍にはならない。画像情報の欠落した部分（歯抜けの部分）を表示するためには、その部分を補間する必要がある。通常ディスプレイ等で表示するためには、水平方向に走査して表示をおこなっているため、サンプリングピッチはPのままである。そこで、図3の歯抜けの部分の予め補間した情報を作り出す必要がある。即ち、図9に示す如く、歯抜けの部分に補間情報Hを作成すれば良い。

【0045】図9は、画像情報Fと補間情報Hとを示す模式図である。図9において、水平及び垂直方向の画素ピッチを $P_c$ とする。図9に示す画素を、 $\{F_{nm}\}$ の正方配列の情報、 $F_{11}, F_{21}, \dots, F_{N1}, F_{12}, F_{22}, \dots, F_{N2}, \dots, F_{1M}, F_{2M}, \dots, F_{NM}$ とし、対応する補間情報を、 $H_{11}, H_{21}, \dots, H_{N1}, H_{12}, H_{22}, \dots, H_{N2}, \dots, H_{1M}, H_{2M}, \dots, H_{NM}$ とする。

【0046】ここで、原信号の周波数帯域が、新たなサンプリングピッチ $P_c = (1/\sqrt{2})P$ で再現可能な周

波数 $\pi/P_c$ より低い場合、標本化定理より原信号の周波数 $f(x,y)$ は、下式(1)の如く表すことができる。

【0047】

【数1】

$$f(x,y) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(m,n) \cdot \frac{\sin(wx-m\pi)}{wx-m\pi} \cdot \frac{\sin(wy-n\pi)}{wy-n\pi} \dots (1)$$

$$\text{但し、 } wx = \frac{\pi}{P_c} \cdot x, \quad wy = \frac{\pi}{P_c} \cdot y$$

【0048】また、補間情報 $H$ は、下式(2)の如く表すことができるので、上記式(1)及び下式(2)により、補間情報 $H(i,j)$ は、下式(3)の如く表すこと

ができる。

【0049】

【数2】

$$H = f\left(\frac{1}{2} + i\right) P_c, \left(\frac{1}{2} + j\right) \dots (2)$$

$$\text{但し、 } (i=1, 2 \dots M, j=1, 2 \dots N)$$

したがって、

$$H(i,j) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(m,n) \cdot \frac{\sin\left(\frac{1}{2}\pi + (i-m)\pi\right)}{\frac{1}{2}\pi + (i-m)\pi} \cdot \frac{\sin\left(\frac{1}{2}\pi + (j-n)\pi\right)}{\frac{1}{2}\pi + (j-n)\pi} \dots (3)$$

【0050】上記式(3)において、標本化関数の部分は、0に漸近していくので問題とならない誤差で計算を終了して良い。また、上記式(3)で、例えば、 $N=4$ 、 $M=4$ のマトリックスで計算した場合、下式(4)

に示す如く、 $4 \times 4$ のマトリックス係数に画像情報を乗算することにより補正情報 $H_{ji}$ を得ることができる。

【0051】

【数3】

$$H_{ji} = \begin{bmatrix} \frac{4}{9\pi^2} & -\frac{4}{3\pi^2} & -\frac{4}{3\pi^2} & \frac{4}{9\pi^2} \\ -\frac{4}{3\pi^2} & \frac{4}{\pi^2} & \frac{4}{\pi^2} & -\frac{4}{3\pi^2} \\ -\frac{4}{3\pi^2} & \frac{4}{\pi^2} & \frac{4}{\pi^2} & -\frac{4}{3\pi^2} \\ \frac{4}{9\pi^2} & -\frac{4}{3\pi^2} & -\frac{4}{3\pi^2} & \frac{4}{9\pi^2} \end{bmatrix}$$

×

$$\begin{bmatrix} F & F & F & F \\ j-1, i-1 & j-1, i & j-1, i+1 & j-1, i+2 \\ F & F & F & \\ j, i-1 & j, i & j, i+1 & j, i+2 \\ F & F & F & F \\ j+1, i-1 & j+1, i & j+1, i+1 & j+1, i+2 \\ F & F & F & F \\ j+2, i-1 & j+2, i & j+2, i+1 & j+2, i+2 \end{bmatrix}$$

× K

$$\left(\frac{9\pi^2}{64}\right)$$

マトリックス係数

画像情報

【0052】上記式(4)の例では、マトリックス係数が $4 \times 4$ であるので、求まる数値に誤差が生じ、このままでは、求まる情報 $\{H_{nm}\}$ と $\{F_{nm}\}$ の間に輝度差が生じてしまうので、上記式(4)に示すように、誤差(輝度差)を補正するために正規化するための係数 $K = (9/64)\pi^2$ を乗ずる必要がある。この係数 $K$ は、 $4 \times 4$ の画像情報をすべて1とし、 $H_{ij} = 1$ として計算すれば良い。

【0053】このようにすれば、欠落した部分を標本化定理に基づいて計算できるので、算出した補間情報 $\{H_{nm}\}$ と画素情報 $\{F_{nm}\}$ とを合成した画像情報は、水平・垂直ピッチを $(1/\sqrt{2})$ 倍した撮像素子を $45^\circ$ 回転したと同等の画像情報が得られ、被写体の周波数成分の分布が、水平・垂直方向に対して偏りがないとした場

合、原理上、 $\sqrt{2}$ 倍 $\times \sqrt{2}$ 倍の画素を有する撮像素子で撮影した場合と等価になる。

【0054】ここまでは、図6に示したように、斜め方向に配列されている点に着目して、斜め方向に関して標本化定理に基づいて補間する方式について述べてきたが、次に、水平方向及び垂直方向に補間する方式を述べる。

【0055】図11は、水平方向に補間する方式(水平補間)を説明するための図である。

【0056】図11(a)は、元の画像情報と斜めに変位させて作成された画像情報とを合成した情報を示している。ここで、図11(a)の情報を2次元的にとらえるのではなく、水平方向にサンプリングピッチ $P$ でサンプリングしたライン情報が、 $(1/2)P$ ごとに垂直に

並んでいるとすると、図11(b)に示すように、水平方向の画像情報のみで欠落した画像情報を補間した補間情報を{HH}とすると、水平合成情報F、HH、F、HH・・・は、水平方向の原信号の周波数成分が、 $(1/2)f_H = (1/2) \cdot (2(\pi/P)) = \pi/P$ より低い場合に再現できる。

【0057】また、図11(c)のように、垂直方向に着目すると、 $(1/2)P$ 毎に、サンプリングされるので、図10(c)の水平合成情報F、HH、F、HH、F、・・・の周波数 $f_v = (1/2) \cdot (2\pi/(1/2)P) = 2\pi/P$ は、水平方向に対して倍の周波数成分を含んだ原信号まで再現できる。つまり、水平方向に補間した場合には、図10(d)のように、水平方向は $(1/2)f_H$ まで、垂直方向は $f_v$ まで原信号の周波

数成分を再現可能である。

【0058】より具体的には、水平、垂直ともサンプリングピッチPでサンプリングした場合、標本化定理によりサンプリング周波数 $f_H = 2\pi/P$ 、 $f_v = 2\pi/P$ の $1/2$ の周波数 $(1/2)f_H$ 、 $(1/2)f_v$ まで、原信号の周波数成分は再現可能である。ここで、水平P、垂直 $(1/2)P$ でサンプリングしているの、水平方向に対して垂直方向は2倍の周波数成分を含んで良いことになる。

【0059】また、この場合、水平方向の補間情報HHは、標本化関数を用いて下式(4)の如く表すことができる。

【0060】

【数4】

$$H_H(i,j) = \sum_{m=1}^M F(m,j) \cdot \frac{\sin(\frac{1}{2}\pi + (i-m)\pi)}{\frac{1}{2}\pi + (i-m)\pi} \quad \dots (4)$$

【0061】図12は、垂直方向に補間する方式(垂直補間)を説明するための図である。

【0062】図12(a)は、元の情報と斜めに変位させて作成された情報とを合成した情報を示している。図11(a)の情報を2次元的にとらえるのではなく、垂直方向のサンプリングピッチPでサンプルしたライン情報が、 $(1/2)P$ ごとに水平に並んでいるとすると、図12(b)に示すように、垂直方向の情報のみで欠落した情報を補間した補間情報を{HV}とすると、垂直合成情報F、HV、F、HV・・・は、垂直方向の原信号の周波数成分が、 $(1/2)f_v = (1/2) \cdot (2(\pi/P)) = \pi/P$ より低い場合に再現できる。

【0063】また、図12(c)のように、水平方向に

着目すると、 $(1/2)P$ 毎に、サンプリングされるので、図12(c)のF、HH、F、HH、F、・・・の周波数 $f_H = (1/2) \cdot (2\pi/(1/2)P) = 2\pi/P$ は、垂直方向に対して倍の周波数成分を含んだ原信号まで再現できる。つまり、垂直方向に補間した場合には、図12(d)のように、水平方向に対しては $f_H$ まで、垂直方向に対しては $(1/2)f_v$ まで原信号の周波数成分を再現可能である。

【0064】また、この場合、垂直方向の補間情報HHは、標本化関数を用いて下式(4)の如く表すことができる。

【0065】

【数5】

$$H_v(i,j) = \sum_{n=1}^N F(i,n) \cdot \frac{\sin(\frac{1}{2}\pi + (j-n)\pi)}{\frac{1}{2}\pi + (j-n)\pi} \quad \dots (5)$$

【0066】図13は、上記した斜め補間、水平補間、及び垂直補間の3方式で補間した場合の再現可能な原信号の周波数範囲を模式的に示したものである。

【0067】水平補間では、水平方向が $1/2f_H$ で垂直方向が $f_v$ までの原信号の周波数範囲を、垂直補間では、水平方向 $f_H$ で垂直方向が $1/2f_v$ までの原信号の周波数範囲を、斜め補間では、0、 $f_v$ 、 $f_H$ の三角形で囲まれる原信号の周波数範囲をそれぞれ再現可能である。この3つの補間方式を切り換えることで、広範囲の周波数成分まで原信号を再現できる。

【0068】ユーザーによりスイッチ等で補間方式を切り換える例を図14及び図15を参照して説明する。図14は、周波数帯域を各ブロックA～Dに分割した図を示す。図15は、周波数帯域を各ブロックA'～C'に分割した図を示す。

【0069】例えば、図14において、Bのような周波数帯域を有する原信号に対しては、垂直補間に、Cのよ

うな周波数帯域を有する原信号に対しては、スイッチ等により水平補間に切り換えて使用する。

【0070】また、図15において、A'のような周波数帯域を有する原信号に対しては、斜め補間に、B'のような周波数帯域を有する原信号に対しては、垂直補間に、C'のような周波数帯域を有する原信号に対しては水平補間に、それぞれ切り換える。また、A'、B'の境目の信号の場合には、斜め補間及び垂直補間でそれなりに再現できるが、水平補間では再現できない。

【0071】このように、原信号が水平及び垂直方向で周波数成分の偏りがある場合、撮像後、ユーザが3方式の補間を切り替えることで、簡単に、垂直及び水平方向のサンプリング周波数を変更でき、原信号の周波数帯域に応じて高解像で撮像可能となる。

【0072】すなわち、サンプリング周波数で再現可能な原信号の周波数成分が含まれており、疑似信号が発生してモアレ縞が発生する場合、ユーザーが3方式の補間



をスイッチで切り替えて選択することでモアレ縞を低減できる。

【0073】上記では、ユーザーが3方式の補間を選択する方法を述べたが、次に、自動的に補間方式を切り替える方式を図16～図18を参照して説明する。

【0074】図16は、水平補間及び垂直補間による信号の折り返しを説明するための図である。図16において、B'の部分の周波数成分を含む画像を、垂直補間方式で補間すると、正常にB'の部分の周波数が再現できる。他方、B'の周波数成分の画像を、水平補間、若しくは斜め補間で補間した場合には、低周波成分へ折り返し偽信号が発生する。つまり、図16に示すように、垂直補間では、B'のように正常にサンプリングできるのに、水平補間とすると、B'の様な信号と誤ってサンプリングされる。

【0075】これにより補間方式を切り換えて低周波成分に折り返される場合、つまり合成情報を比べて低周波数の結果は誤っているため、高周波成分を再現できる補間方式を使用することで、図16のB'を再現できる。また、B'の情報の場合は、補間方式を切り換えても折り返し現象は発生しないので、複数の補間方式を切り換えて高周波成分が再現できる補間方式を使用することで、図14のA、B、Cの領域の周波数まで再現可能である。

【0076】図17は、水平補間及び垂直補間による信号の折り返しを説明するための図である。また、図17に示すように、斜め補間、水平補間、及び垂直補間の3方式では網羅されていない領域Dの周波数成分については、Dを垂直補間で補間した場合にはDBに折り返され、また、水平補間で補間した場合にはDCに折り返される。従って、水平補間及び垂直補間がともに折り返される場合は、周波数成分はDCの領域にあることが解る。また、信号がDBの場合には、垂直補間では変化せず、水平補間ではDAに折り返されるため、DとDBを判別できる。信号DCについても同様で、水平補間では変化せず、垂直補間では、DAに折り返されるため、DとDCを判別できる。

【0077】従って、Dの領域にあることは上記方法で判別出来るので、Dの情報を再現するためには、Dを垂直補間して得られるDBの水平周波数成分と、Dを水平補間して得られるDCの垂直周波数成分とを合成すれば良い。

【0078】図18は、水平補間、垂直補間、及び斜め補間による信号の折り返しを説明するための図である。また、図18に示すように、Dを斜め補間で補間した場合には、DAに折り返される。この情報DAは折り返しによって発生した疑似信号であるとわかるので（信号がDAの時は、水平、垂直補間しても折り返しが生じないため）、疑似信号を正常な信号に戻す方法でもDの情報を再現できる。

【0079】次に、疑似信号を正常な信号に戻す方法について図19を参照して説明する。

【0080】図19(a)に示すように、1KHZの信号をサンプリング周期(3/4)KHZでサンプリングした場合、 $1\text{KHZ} > 1/2(4/3\text{KHZ})$ となるため、折り返される。具体的には、図19(b)のように、1KHZの原信号は(1/3)KHZの疑似信号に折り返される。これは、原信号をf、サンプリング周波数をfSとした場合、 $fS > f > fS/2$ となる場合には、 $f'$ （ナイキスト周波数） $= fS - f$ となる。これにより、サンプリングした情報が疑似信号と分かっているならば、 $f = f - f'$ で再現できる。

【0081】つまり、図18(a)の場合、疑似信号(1/3)KHZ、サンプリング周波数4/3KHZより、 $f = 1\text{KHZ}$ を再現でき、図18(c)に示すサンプリングした情報に対して、信号が1KHZになるように、情報を付加すれば良い。また、サンプリングした情報をフーリエ変換して、周波数スペクトルで表し、上式の $f = fS - f'$ で周波数スペクトルを再現し直して再び、逆フーリエ変換を行っても良い。

【0082】これにより、図14のA、B、C、及びDの領域で、周波数成分を再現することが可能となり、この方式を画像情報の部分的な所にそれぞれ適宜適用することにより、図2に示すようなサンプリングで水平方向及び垂直方向とも2倍のサンプリング周波数になる。これは、複数の補間を行い、その情報に基づいて、補間方式を決定して初めて得られる効果であり、単に、斜めに変位させただけでは、何等効果はない。

【0083】本発明は、カラー撮像素子にも適用可能である。図20は、市松配列の撮像素子の受光素子を模式的に示した図である。図20(a)に示す市松配列した受光素子から、緑(G)の画素のみ抜き出すと、図20(b)に示すように、上記図4と同様の配列となる。

【0084】 $m \times n$ の画素の撮像素子の場合に、このままでは、 $1/2(m \times n)$ の情報しかないが、Gの情報が欠けている部分について、上記した方法と同様にし、補間情報を作成することにより、見かけ上、 $n \times m$ のGの情報があるのと等価となる。輝度信号は、主にG情報を用いて作成されるので解像度が向上し、擬色の発生を押さえることができる。

【0085】また、図21(a)に示すような、原色R、G、Bの画素が市松配列されたカラー撮像素子を、図21(b)に示すように、上斜めに半画素、下斜めに半画素、水平に1画素それぞれ変位させて得られる4つの情報を同時に示すと、図22に示す如くなり、図4に対応するすべての画素の部分に緑(G)の情報が存在することになる。

【0086】図22に示す画素中で、図23に示すように一部分について着目すると、G、Rが存在する所と、G、Bが存在する所がある。つまり、G、Bが存在する

画素でB情報を、G、Bが存在する画素でR情報を作成すれば良い。

【0087】この作成方法については、簡単に説明すると、図23のように、近傍の画素の色は同色で( $r$ 、 $g$ 、 $b$ )とすると、 $G1 = K1 \cdot g$ 、 $R1 = K1 \cdot r$ 、 $B2 = K2 \cdot b$ 、 $G2 = K2 \cdot g$ とすると、求めるべき $B1$ (近似値)は $B1 = K1 \cdot b$ となるので、 $B1 = K1 \cdot (B2 / K2)$ となり、 $K1 / K2 = G1 / G2$ より、 $B1 = B2 \cdot (G1 / G2)$ となる。同様に、 $R2$ (近似値)は $R2 = R1 \cdot (G2 / G1)$ で求まる。これは、人間の視覚が、高い周波数の色相の変化を認識できないことを利用している。

【0088】このようにすれば、図23の全ての画素について、R、G、Bの情報を求めることができる。そこで、求めた図4のような配列のR、G、Bのカラー情報に、上記補間方式を適用することで、画像の欠落した部分についても補間することができる。しかも、この色情報作成方式を使用することで、疑色が発生しないという効果がある。

【0089】つまり、これと同等の情報を単純に得ようとする、水平方向・垂直方向に半画素ずつずらした4つの情報に、それぞれR、G、Bを重ねる必要があるので、計 $4 \times 3 = 12$ の情報を取得して始めて、水平及び垂直方向とも解像度が倍で、疑色の無い画像情報を得られるが、本方式では、上記した如く、4つの情報で済む。

【0090】次に、図21(b)に示したように、撮像素子を、上斜めに半画素、下斜めに半画素、水平に1画素それぞれ変位させるための変位手段3の構成を、図24に示す図である。

【0091】図24に示す変位手段3は、撮像素子2の上斜め方向に配置され、矢印方向に撮像素子2を変位せしめる第1アクチュエータ31と、撮像素子2の下斜め方向に配置され、矢印方向に撮像素子2を変位せしめる第2アクチュエータ31とからなる。撮像素子を変位させる場合、図24のように、第2アクチュエータ32は、撮像素子2を上斜めに半画素だけ変位させ、第1アクチュエータ31は、撮像素子2を半画素だけ下斜めに変位させ、水平方向に撮像素子2を1画素変位させる場合には、第1アクチュエータ31と第2アクチュエータ32を双方動かす。これにより、上斜め、下斜め、水平ともアクチュエータの変位量が同一で良く、具体的には、第2アクチュエータで撮像素子2を上斜めにA変位させて、上斜め情報を取得し、次に、第1アクチュエータ31で下斜めにA変位させ下斜め情報を取得し、さらに、第1アクチュエータ31及び第2アクチュエータ32の双方をA変位させることで水平に変位させることが可能である。

【0092】上記した例では、正方配列の画素を変位させる場合について説明してきたが、本発明は、予め図

4の如く並列されている撮像素子についても適用可能であることはいうまでもない。また、図25に示すような、垂直方向と水平方向との画素ピッチの比が $2:\sqrt{3}$ であるような撮像素子を、斜め方向に、各画素間の対角線上の等間隔となる位置まで変位させると、図26に示すように、各画素ピッチが等間隔に配置され、六角配列になる。ここで、六角配列の再生関数を用いて原信号を再生することで、正方配列に比して15%程度サンプリングピッチを長くでき効率的である。

【0093】以上説明したように、本実施の形態においては、被写体像と撮像素子2との相対的位置関係を変位手段3により変位させ、画像作成手段は、変位の前後における画素の画像情報において欠落している画像情報を補間して被写体像の合成画像情報を生成する構成であるので、水平及び垂直方向のサンプリング周波数を向上させることができる。

【0094】尚、図1に示す撮像装置では、変位手段3が撮像素子2を変位させて、被写体像に対して相対的位置関係が異なる複数の画像情報を生成する構成であるが、本発明はこれに限られるものではなく、被写体像が撮像素子に対して変位するように撮影光学系を変位させる構成としても良い。

【0095】また、図27のように、変位手段3にハーフミラー等を使用して、複数の被写体像を形成して、複数の撮像素子で変位画像を取得する構成としても良い。

【0096】また、撮像素子の画素を図28に示すような配列として、最初から変位画像を取得可能な構成としても良い。この場合、変位手段3は不要となり撮像装置は、図29に示すような構成となる。

【0097】また、上記した実施の形態では、図1において、第1フィールドで元の画像情報を第2フィールドで変位した画像情報を出力する静的撮像について説明したが、第1フィールドと第2フィールドを繰り返して撮像するデジタルビデオカメラにも適用可能である。

【0098】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、画像作成手段は、相対的位置関係の変位した画像情報により合成画像情報を作成する構成であるので、単に変位画像を並べて表示するのに比して、原信号を標本化定理に基づいて再現しているため、忠実に原信号を再現でき、水平及び垂直方向の解像度を向上させることが可能となる。

【0099】請求項2記載の発明によれば、画像情報の欠落した部分を、斜め方向の画像情報により作成する事で、より水平及び垂直の解像度を向上させることができる。

【0100】請求項3記載の発明によれば、画像作成手段は、操作者の指示に応じて、垂直補間、水平補間、斜め補間から補間方式の選択する構成であるので、請求項1記載の発明の効果に加えて、水平、垂直のサンプリング周期が選択でき、被写体像撮影後、即ち、情報取得後

に画像のサンプリング周期を変更できるので、使用者が画像表示を見ながらサンプリングを選択できるという効果を奏する。

【0101】請求項4記載の発明によれば、2つ以上の補間方式を用いた補間結果により補間方式を決定する構成であるので、請求項1記載の発明の効果に加えて、各補間方式でカバー出来ない領域を補い合うことで広い範囲の領域の被写体情報まで再現でき、これを画像の該当部分に適用することで画像全体に亘って高画質画像を得ることが可能となる。

【0102】請求項5記載の発明によれば、カラー市松配列のカラー撮像素子でG画像のかけた部分について、補間情報を作成することにより、高いサンプリング周波数のG情報が作成でき、そのために、高解像度で疑色の低減した画像を得ることができる。

【0103】請求項6記載の発明によれば、カラー撮像素子を3方向に変位させ、得られる4つの画像情報に基づいて合成画像情報を作成する構成であるので、請求項1記載の発明の効果に加えて、少ない画像情報で高解像度な画像を撮像可能となる。

【0104】請求項7記載の発明によれば、撮像素子の3方向の変位を2つのアクチュエータで変位させ、2つのアクチュエータの変位量を同一にして撮像素子を変位させる構成であるので、請求項6記載の発明の効果に加えて、同じアクチュエータを使用した場合、同一の電力で良く、積層圧電素子等を使用した場合、同一の電圧を印加するだけで良いという効果を奏する。

【0105】請求項8記載の発明によれば、請求項1記載の発明の効果に加えて、撮像素子の元の画像情報と変位させた画像情報とを合成した情報が、六角配列になり、正方配列に比べてサンプリングピッチを長くできるので、より効率的にサンプリングできる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る撮像装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1の撮像素子の構成を示す図である。

【図3】図1の撮像素子の受光素子のみを模式的に示した図である。

【図4】図3の撮像素子を斜め方向に変位させた後の受光素子の配列を示す図である。

【図5】図4の画素の画素ピッチを示す図である。

【図6】図4の撮像素子で、縦縞パターンをサンプリングした場合を説明するための図である。

【図7】斜め補間を説明するための図である。

【図8】斜め補間を説明するための図である。

【図9】斜め補間を説明するための図である。

【図10】斜め補間を説明するための図である。

【図11】水平補間を説明するための図である。

【図12】垂直補間を説明するための図である。

【図13】斜め補間、水平補間、及び垂直補間の3方式で補間した場合の再現可能な原信号の周波数範囲を模式的に示した図である。

【図14】周波数帯域を各ブロックA～Dに分割した図である。

【図15】周波数帯域を各ブロックA'～C'に分割した図である。

【図16】水平補間及び垂直補間による信号の折り返しを説明するための図である。

【図17】水平補間及び垂直補間による信号の折り返しを説明するための図である。

【図18】水平補間、垂直補間、及び斜め補間による信号の折り返しを説明するための図である。

【図19】疑似信号を正常な信号に戻す方法を説明するための図である。

【図20】市松配列の撮像素子の受光素子を模式的に示した図である。

【図21】市松配列の撮像素子の受光素子を模式的に示した図である。

【図22】図21の撮像素子を3方向に変位させた後の画素を模式的に示す図である。

【図23】図22の画素の一部を抜粋した図である。

【図24】撮像素子を3方向に変位させる変位手段の概略構成を示す図である。

【図25】垂直方向と水平方向との画素ピッチの比が $2:\sqrt{3}$ となる撮像素子を示す図である。

【図26】図25に示す撮像素子をな斜め方向に変位させた画素を模式的に示す図である。

【図27】変位手段にハーフミラーを使用して場合の撮像装置の構成を示す図である。

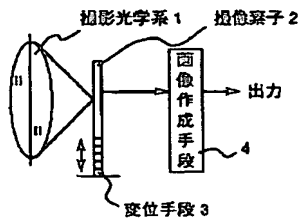
【図28】撮像素子の画素の配列の一例を示す図である。

【図29】変位手段のない撮像装置の構成を示す図である。

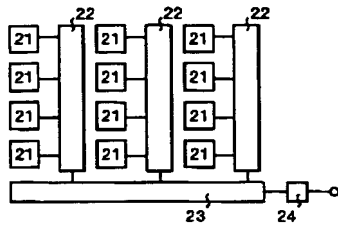
#### 【符号の説明】

- 1 撮影光学系
- 2 撮像素子
- 3 変位手段
- 4 画像作成手段
- 21 受光素子
- 22 垂直CCD
- 23 水平CCD
- 24 出力アンプ

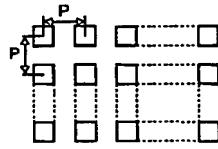
【図1】



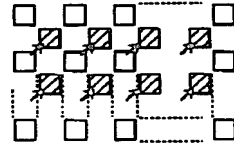
【図2】



【図3】



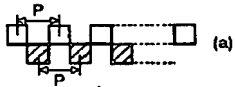
【図4】



【図8】

【図9】

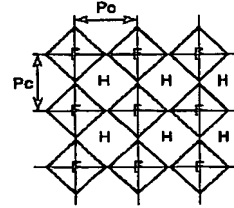
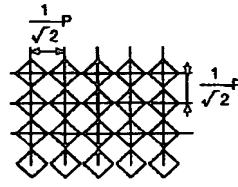
【図5】



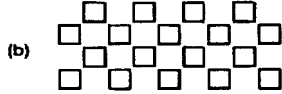
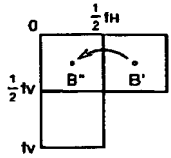
【図6】



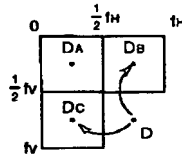
【図7】



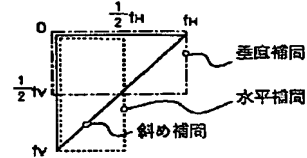
【図16】



【図17】



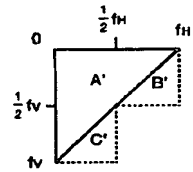
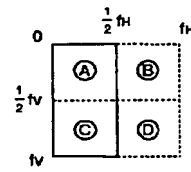
【図13】



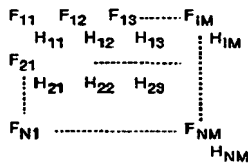
■ 光で発生した電荷

【図14】

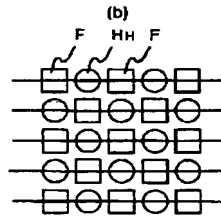
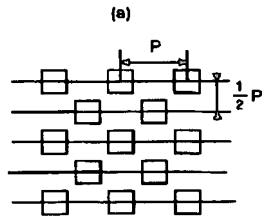
【図15】



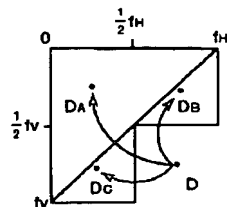
【図10】



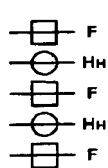
【図11】



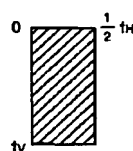
【図18】



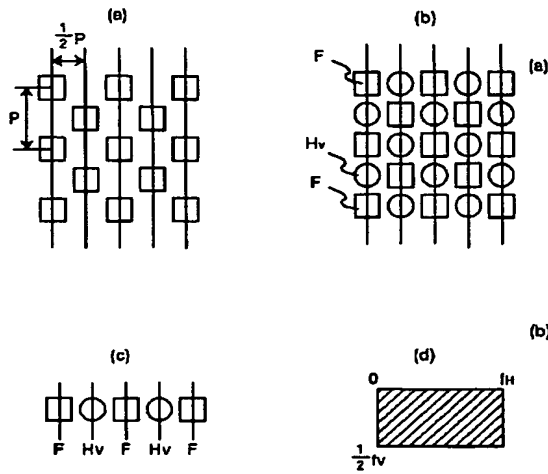
(c)



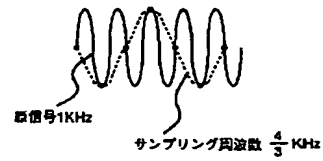
(d)



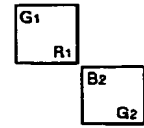
【図12】



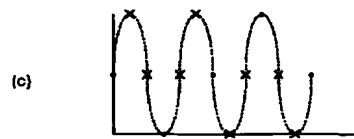
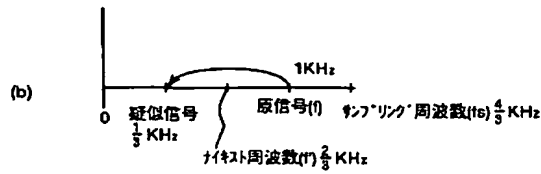
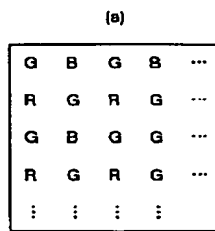
【図1-9】



【図23】



【図20】

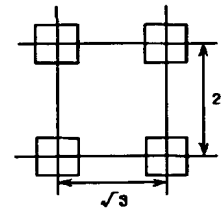
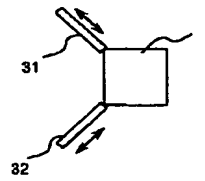
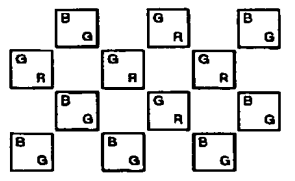
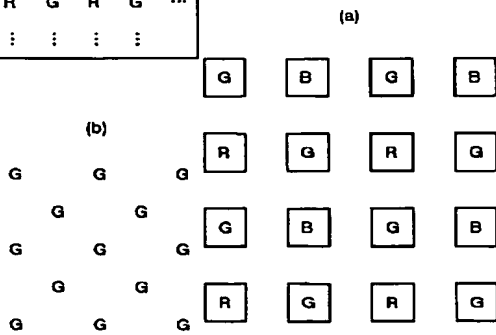


【図21】

【図22】

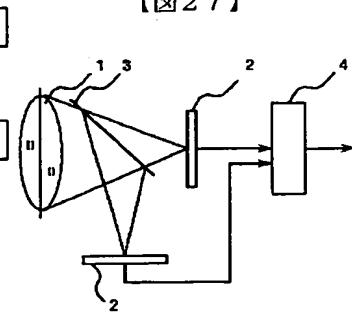
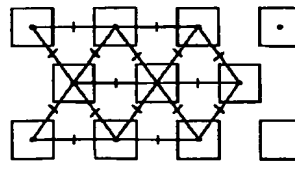
【図24】

【図25】

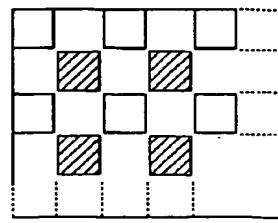
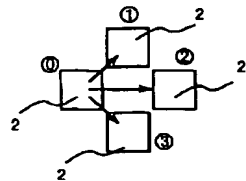


【図26】

【図27】



【図28】



(12)

特開平10-304235

【図29】

